

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Mecánica

ESTUDIO DE MEJORA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO



Memoria y Anejos

Autor: Adrian Civera Alvarez
Directora: Reyna Mercedes Peña Aguilar
Convocatoria: Octubre 2019

Resumen

Este trabajo trata sobre la realización de una instalación fotovoltaica y mejora energética en un edificio público situado en Barcelona. El edificio seleccionado es el Casal Infantil Barceloneta Andrea Dòria.

Durante este proyecto se presentaran los cálculos y análisis realizados para llevar a cabo una implementación de módulos fotovoltaicos, con el fin de suplir parte del gasto energético del edificio, con energía limpia y ecológica. Del mismo modo se tratará de estudiar las pérdidas energéticas de éste, de modo que podamos determinar si es posible realizar alguna reforma en el edificio, implementando mejoras en el aislamiento, ahorrando de esta manera en el gasto energético.

Así mismo se trabajará con los programas AutoCAD y PVSyst durante el transcurso del trabajo, para realizar el diseño de la instalación, así como una pequeña simulación de esta.

Agradecimientos

Este trabajo no habría sido posible sin la ayuda de Xavier Peirò del ayuntamiento de Barcelona, el cual me ha podido facilitar los datos de gasto energético del edificio de este proyecto, así como información sobre valores de transmitancia térmica, y archivos .dwg de la planta baja y tejado con los que he podido trabajar a la hora de realizar los planos de diseño de la instalación.



Índice

RESUMEN

1. PREFACIO	1
1.1. Origen del trabajo y motivación	1
2. INTRODUCCIÓN	3
2.1. Objetivos del trabajo	3
3. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	5
3.1. Tipo de edificio y localización.....	5
3.1.1. Superficie útil	6
3.2. Año de construcción.....	7
3.3. Referencia catastral.....	7
3.4. Normativa vigente.....	8
4. INSTALACIÓN Y CONSUMO	10
4.1. Gasto energético actual del edificio	10
4.2. Cálculo de la inclinación de los paneles.....	11
4.3. Total de energía anual recibida.....	13
4.4. Horas de sol	14
4.5. Consumo diario	15
4.6. Cálculo del número de paneles.....	17
4.6.2. Propiedades del panel fotovoltaico.....	19
4.7. Cálculo de las baterías.....	21
4.8. Cálculo de los inversores	24
4.9. Cálculo de los reguladores	25
4.10. Cálculo de la sección del cableado.....	26
5. REDUCCIÓN DE LAS PERDIDAS ENERGÉTICAS	28
5.1. Descripción y objetivo de la solución.....	28
5.2. Ahorro energético de la nueva instalación.....	29
6. SIMULACIÓN DE LA INSTALACIÓN CON PVSYST	30
6.1. Los datos de PVSyst.....	30
6.1.1. Localización y datos meteorológicos.....	30
6.2. Uso de PVSyst.....	34

6.2.1. Introducción de datos.....	34
6.2.2. Simulación de la instalación.....	38
CONCLUSIONES	43
PRESUPUESTO	45
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEJO A	55
A1. Planos	55

1. Prefacio

1.1. Origen del trabajo y motivación

Este trabajo surge de la idea y voluntad de trabajar en el diseño de una instalación fotovoltaica. Poder tratar con temas de ingeniería térmica, tanto en tema de instalaciones solares, como aislamiento térmico, así como poder hacer uso de programas tales como AutoCAD o PVSyst, ambos empleados durante el desarrollo de este trabajo.

2. Introducción

2.1. Objetivos del trabajo

Este trabajo consiste en el desarrollo, análisis, y cálculo, de una instalación fotovoltaica pequeña, implementada en un edificio público situado en Barcelona.

El objetivo es tocar diferentes temas, desde el gasto energético diario del edificio, pasando por el análisis de datos para determinar cómo será la instalación, la selección de las partes que compondrán ésta misma, así como uso de AutoCAD para representarla.

Otro de los objetivos que se quiere conseguir con este trabajo es el de la reducción de pérdidas energéticas, en concreto, tratando el tema de aislamiento térmico del edificio, dentro de lo posible.

Finalmente otro de los temas a tratar, es el empleo de un programa de simulación de instalaciones fotovoltaicas, no empleado anteriormente en ninguna asignatura cursada durante el grado, para realizar una simulación simple en base a los datos que se obtengan durante el trabajo, e interpretar dichos resultados.

3. Descripción de la instalación

3.1. Tipo de edificio y localización

La instalación y estudio correspondiente en este trabajo se realizará en base a datos obtenidos y estimados del edificio Casal Infantil Barceloneta Andrea Dòria.

Éste, está situado en la calle Andrea Dòria, número 31, de Barcelona. La ubicación del edificio corresponde a las coordenadas siguientes: 41°22'49.2"N 2°11'23.5"E.

Se trata un edificio pequeño que se compone de una planta y un patio exterior.

La única planta útil está compuesta por 4 aulas infantiles, un vestíbulo, una cocina, un despacho de dirección, una oficina para personal, un almacén, baños, una sala de instalaciones, dos pasillos, un almacén exterior, dos baños exteriores y una instalación de clima en exterior.



Figura 3.1.1 Emplazamiento del edificio

3.1.1. Superficie útil

Las habitaciones del edificio mencionadas en el punto anterior tienen las siguientes superficies:

NOMBRE SALA	S. ÚTIL (m ²)
Vestíbulo	99,65
Aula 1 infantil	43,90
Aula 2 infantil	89,40
Aula 3 infantil	45,50
Aula 4 Sala polivalente	88,80
Cocina	42,55
Direccion	14,80
Oficina personal	36,80
Almacén	12,60
Baños	23,00
Sala instalaciones	18,20
Pasillo 1	32,30
Pasillo 2	21,65
Almacén exterior	11,50
Baño exterior 1	6,00
Baño exterior 2	6,00
Instalación clima	6,50
TOTAL S.ÚTIL	599,15




El casal cuenta con una superficie útil de 599.15 m². Este valor será utilizado más adelante para realizar cálculos en la instalación.

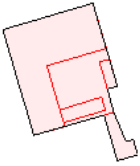
3.2. Año de construcción

El edificio fue construido en el año 2012.

3.3. Referencia catastral

Se ha obtenido la referencia catastral a través de la Sede Electrónica del Catastro. Dicha referencia catastral es 2315729DF3821E0001XD.

DATOS DESCRIPTIVOS DEL INMUEBLE						
Referencia catastral	2315729DF3821E0001XD  					
Localización	CL ANDREA DORIA 31 08003 BARCELONA (BARCELONA)					
Clase	Urbano					
Uso principal	Cultural					
Superficie construida 	698 m ²					
Año construcción	2012					

PARCELA CATASTRAL	
	Parcela construida sin división horizontal
	Localización CL ANDREA DORIA 31 BARCELONA (BARCELONA)
	Superficie gráfica 1.073 m ²

CONSTRUCCIÓN						
Uso principal	Escalera	Planta	Puerta	Superficie m ²	Tipo Reforma	Fecha Reforma
ENSEÑANZA		00		29		
ENSEÑANZA		00	01	669		

Figura 3.2.1 Datos de la Sede Electrónica del Catastro

3.4. Normativa vigente

Por lo que respecta a las normativas vigentes de obligado cumplimiento en referencia a la aplicación de instalaciones fotovoltaicas solares, tenemos en cuenta:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas (decreto del 12 de marzo de 1984)
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Normas UNE relativas a instalaciones eléctricas.
- Real Decreto 1909/1981, de 24 de julio, por el que se aprueba la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-81 sobre condiciones acústicas en los edificios.
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de diciembre, según el cual se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

- Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.
- Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE-5, septiembre de 2013.
- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo.
- Decreto 352/2001, de 18 de diciembre, sobre procedimiento administrativo aplicable a las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a la red eléctrica.
- Corrección de error en el Decreto 352/2001 publicada en el DOGC Nº3544.
- Nota informativa de la Generalitat de Catalunya sobre el régimen de autorización y registro aplicable a las instalaciones generadoras de energía eléctrica conectadas en red interior.
- Real Decreto-ley 14/2010, de 23 de diciembre, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.

4. Instalación y consumo

4.1. Gasto energético actual del edificio

Actualmente el edificio tiene el gasto energético siguiente:

Emisiones de CO2	20.23 Kg·CO ₂ /m ²
Consumo de energía final	63.24 kWh/m ² ·año
Demanda de calefacción	75.66 kWh/m ² ·año
Demanda de refrigeración	19.98 kWh/m ² ·año

Tabla 4.1.1 Datos energéticos anuales

Por lo que el objetivo será suplir parte de estas demandas de calefacción, refrigeración, y energía final, dentro de lo posible, con energía obtenida mediante una instalación fotovoltaica, haciendo de este casal, un edificio más limpio de emisiones y ecológico a la hora de conseguir el confort que se necesita.

4.2. Cálculo de la inclinación de los paneles

La inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos es una parte fundamental, para determinarla, se han juntado los valores de radiación medios diarios de cada mes (en MJ/m²/día) en Barcelona, tomando como orientación base 0°.

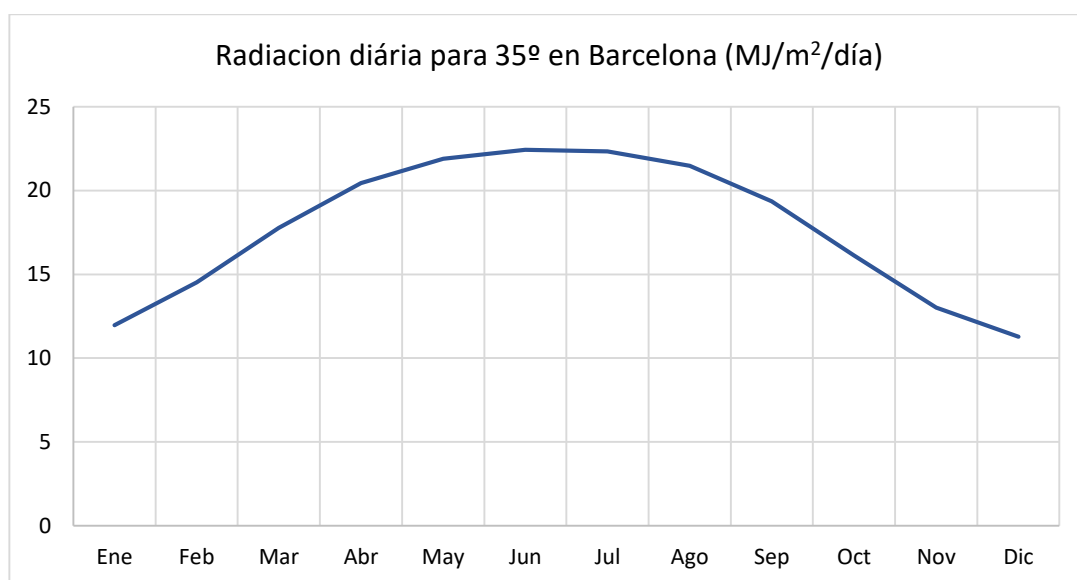
Inclinación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual	TOTAL	%
0°	6,8	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,4	7,73	6,04	15,04	180,16	0,85
5°	7,7	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71	188,25	0,89
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,8	16,29	195,25	0,92
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,7	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78	201,1	0,95
20°	10,12	12,9	16,7	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17	205,74	0,97
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,6	23,48	23,24	21,8	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46	209,26	0,98
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65	211,61	1,00
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,9	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73	212,64	1,00
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,7	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71	212,36	1,00
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,9	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58	210,78	0,99
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33	207,91	0,98
55°	13,36	15,4	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98	203,75	0,96
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,6	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53	198,36	0,93
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16	191,99	0,90
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,7	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38	184,53	0,87
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,6	14,14	12,94	14,67	176,03	0,83
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,8	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87	166,5	0,78
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,5	12,51	13	156,07	0,73
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,3	13,74	13,04	12,16	12,08	145,04	0,68

Tabla 4.2.1 Radiación diaria para cada inclinación y mes en Barcelona (orientación 0°)

Realizando el sumatoria de radiación mensual, estudiamos la relación de cada uno de estos totales para cada inclinación con el valor máximo obtenido, el cual corresponde al de la

inclinación de 35°. Esta operación nos deja como conclusión que las inclinaciones óptimas son las de 30°, 35° y 40°.

En esta instalación se tomará en cuenta una inclinación de 35° en cada panel colocado.



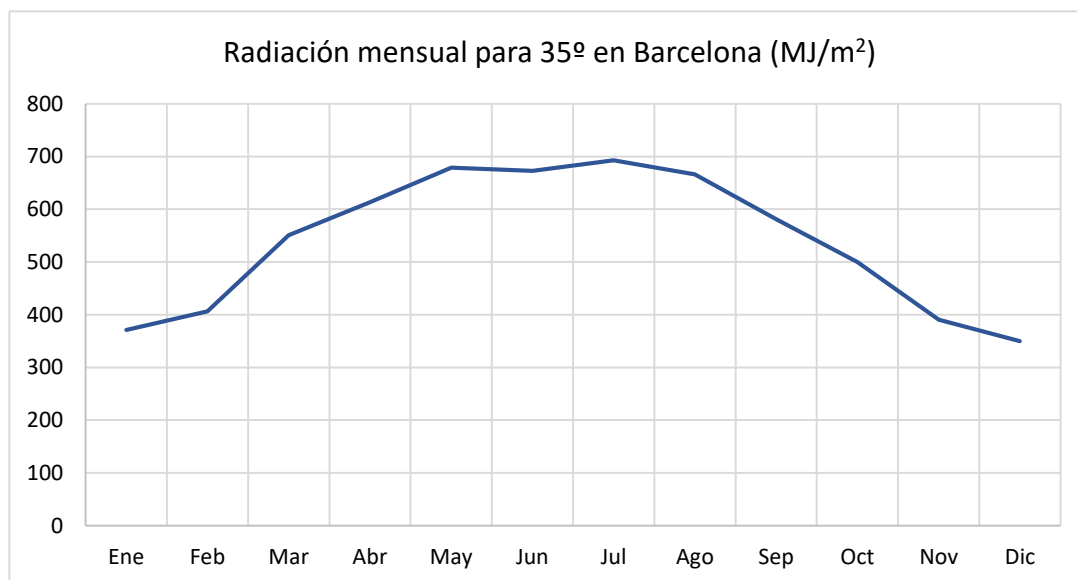
4.3. Total de energía anual recibida

Teniendo en cuenta la radiación mensual para una inclinación de 30º, calculamos el máximo de energía anual que podemos llegar a obtener (en un caso ideal).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Radiación diaria (MJ/m²/día)	11,97	14,52	17,77	20,45	21,9	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	212,64
Días mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Radiación mensual (MJ/m²)	371,07	406,56	550,87	613,5	678,9	672,9	692,54	665,88	580,8	500,03	390,3	349,68	6473,03

Tabla 4.3.1 Cálculo de la radiación mensual

Multiplicando la radiación diaria con los días de cada mes sabemos que la radiación anual total es de 6473,03 MJ/m², o lo que es lo mismo 1798.06 kWh/m².



4.4. Horas de sol

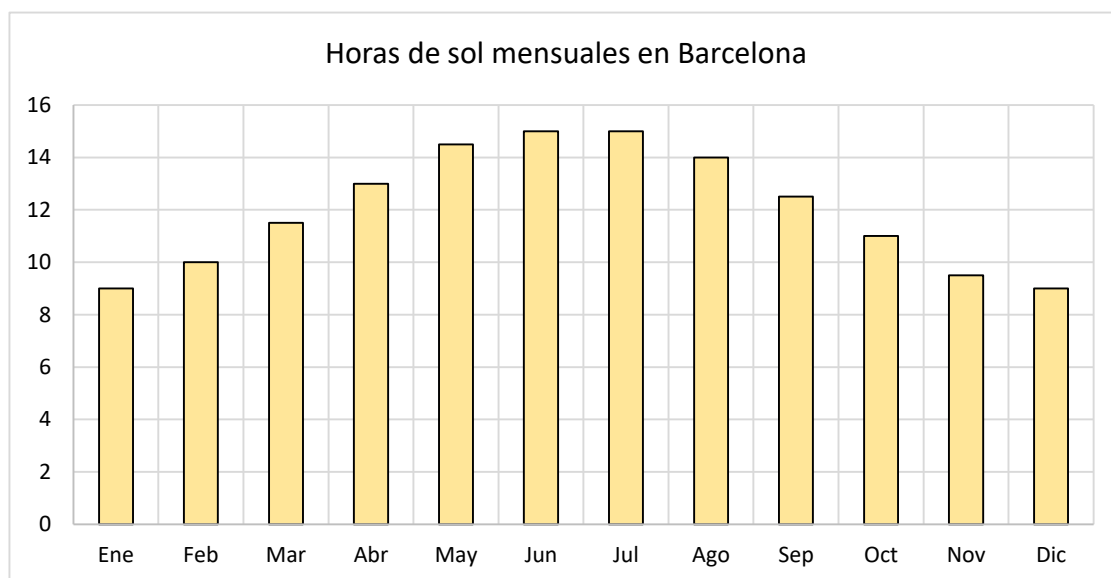
Otro de los datos que necesitaremos a la hora de buscar los paneles fotovoltaicos apropiados, será conocer las horas de sol en el mes más desfavorable del año, de modo que nuestra instalación pueda suplir la energía estimada deseada incluso en el peor caso posible.

Las horas de sol media en Barcelona cada mes son las siguientes:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Horas de sol	9	10	11,5	13	14,5	15	15	14	12,5	11	9,5	9

Tabla 4.4.1 Horas de sol media mensuales en Barcelona

Observando los datos podemos ver que para un cálculo anual, el mes más desfavorable será diciembre, con un total de 9 horas de sol diarias.



4.5. Consumo diario

Para poder conocer el número de paneles necesarios a colocar, primero, estudiamos los datos que ya sabemos de consumo energético anual y los representaremos en Wh/día, ya que será necesario para cálculos posteriores.

	kWh/m ² ·año	S. útil (m ²)
Consumo de energía final	63,24	599,15
Demanda de calefacción	75,66	599,15
Demanda de refrigeración	19,98	599,15

Tabla 4.5.1 Datos para el cálculo del gasto energético en Wh/día

Para poder realizar este cálculo hemos tenido en cuenta los tres datos energéticos principales anuales y la superficie útil del casal. Todo siguiendo la siguiente operación:

$$E \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = E \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} \right) \cdot S_{\text{útil}} (\text{m}^2) \cdot \frac{\text{año}}{365 \text{ día}} \cdot \frac{1000 \text{Wh}}{\text{kWh}}$$

(Ec. 4.5.1) Cálculo de demanda diaria en Wh

- Para el consumo de energía final:

$$E1 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = 63.24 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} \cdot 599.15 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{año}}{365 \text{ día}} \cdot \frac{1000 \text{Wh}}{\text{kWh}} = 103808.9 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

- Para la demanda de calefacción:

$$E2 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = 75.66 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} \cdot 599.15 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{año}}{365 \text{ día}} \cdot \frac{1000 \text{ Wh}}{\text{kWh}} = 124196.41 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

- Para la demanda de refrigeración:

$$E3 \left(\frac{\text{Wh}}{\text{día}} \right) = 19.98 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} \cdot 599.15 \text{ m}^2 \cdot \frac{\text{año}}{365 \text{ día}} \cdot \frac{1000 \text{ Wh}}{\text{kWh}} = 32797.31 \frac{\text{Wh}}{\text{día}}$$

Los resultados finales:

	kWh/m ² ·año	Superficie (m ²)	Wh/día
Consumo de energía final	63,24	599,15	103808,89
Demanda de calefacción	75,66	599,15	124196,41
Demanda de refrigeración	19,98	599,15	32797,31

Tabla 4.5.2 Datos finales del cálculo del gasto energético en Wh/día

Como podemos observar, nuestro edificio tiene una demanda muy grande energía, es por ese motivo, que tan solo cubriremos una parte de toda esta demanda energética.

En concreto vamos a trabajar cogiendo como base la demanda de refrigeración, de 32797.31 Wh/día, y en caso de tener superficie necesaria, se añadirán paneles extra para cubrir parte de la demanda energética restante.

4.6. Cálculo del número de paneles

En el cálculo del número de paneles vamos a tener en cuenta una serie de datos entre los que se incluyen, la energía que queremos cubrir, la potencia de los paneles que vamos a colocar en la instalación, así como un factor de sobredimensionamiento y la horas de sol del mes más desfavorable.

Debido a la alta demanda de energía se ha optado por un panel fotovoltaico de 335W de forma estimada.

Los valores de estos datos son:

- Demanda energética: 32797.31 Wh/día
- Factor de sobredimensionamiento: 1.23
- Horas de sol: 9 h
- Potencia del panel: 335 W

Para saber el número de paneles necesarios, se realizará la siguiente operación:

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{E \cdot FS}{H_{sp} \cdot P}$$

(Ec. 4.6.1) Cálculo del número de paneles necesarios

Substituyendo los valores obtenemos:

$$N^{\circ} \text{ Paneles} = \frac{32797.31 \cdot 1.23}{9 \cdot 335} = \mathbf{13.38 \text{ Paneles}}$$

Como podemos ver, el número de paneles necesario teniendo en cuenta nuestras condiciones sería de 13.38 paneles.

Ya que el número de paneles nos deja un buen margen para colocar más paneles el edificio con el que estamos trabajando, añadiremos más paneles para cubrir una demanda extra de 20000 Wh/día.

Por lo que teniendo en cuenta esta nueva demanda, calculamos:

$$\text{Nº Paneles} = \frac{20000 \cdot 1.23}{9 \cdot 335} = \mathbf{8.16 \text{ Paneles}}$$

Cubrir esta nueva demanda nos supone la instalación de 8.16 paneles más.

En caso de querer suplir la demanda sin colocar los paneles extra, sería necesario aproximar el valor de 13.38 paneles a 14. Pero debido a que ya se tiene en cuenta un factor de sobredimensionamiento y que vamos a colocar paneles extra, los valores calculados se aproximarán a 13 y 8 paneles respectivamente.

En conclusión, colocaremos un total de 21 paneles.

4.6.2. Propiedades del panel fotovoltaico

El panel seleccionado para esta instalación posee las siguientes características:

Modelo	SunForte PM096B00 (Mono cristalino)
---------------	-------------------------------------

Datos Eléctricos

Potencia Nominal (Pn)	335 W
Eficiencia	20,60%
Tensión Nominal (Vnp)	54,7 V
Intensidad Nominal (Inp)	6,13 A
Tensión a circuito abierto (Voc)	64,9 V
Intensidad a circuito abierto (Ioc)	6,62 A
Máxima Tolerancia de Pn	0 / +3%

Datos Mecánicos

Dimensiones	1559x1046x46 mm
Peso	18,6 Kg
Cristal frontal	Vidrio templado de alta transmisión con AR-Tech, 3.2 mm
Células	96 células de contacto de nuevo de alta eficiencia

Condiciones de trabajo

Temperatura de funcionamiento	-40 ~ +85 ° C
Rango de temperatura ambiente	-40 ~ +45 ° C
Max. Tensión del sistema	1000V
Clasificación del fusible en serie	20A
Max. Carga de nieve / viento	5400 Pa / 2400 Pa
Max. Carga mecánica dinámica	4000 Pa

Algunos valores de estas propiedades serán utilizados para determinar la resta de componentes que formaran la instalación.

4.7. Cálculo de las baterías

En esta instalación contará con baterías, de modo que en cualquier circunstancia que pueda llegar a tener lugar, estas sean capaces de suministrar la energía que necesitamos teniendo en cuenta unos días de autonomía que vamos a establecer. Para ello necesitaremos una serie de datos previos a la hora de realizar los cálculos.

La distribución que tendrá la instalación será de 4 bloques de 4 paneles en serie y en vertical, y de un bloque de 5 paneles en las mismas condiciones anteriores. Por lo tanto se calculará la capacidad que necesitarán tener estas baterías, por una parte en los bloques de 4 paneles y por otra en el de 5 paneles. En ambos casos se sigue el mismo procedimiento de cálculo.

Los bancos de baterías trabajarán a una tensión de 48 V. Además se realizará una aproximación, que no exacta, de la energía que cubre cada panel, para poder calcular la intensidad de trabajo de estas baterías.

$$E. \text{ cubierta por cada panel} = \frac{32797.31}{13} = 2522.87 \text{ Wh/día}$$

Con este dato y una simple multiplicación, sabemos la energía aproximada que cubre cada bloque:

- Energía cubierta (bloque de 4 paneles): 10091.48 Wh/día
- Energía cubierta (bloque de 5 paneles): 12614.35 Wh/día

Procedemos con el cálculo de la intensidad y de la capacidad de los bancos de baterías.

$$I = \frac{E}{Vt}$$

(Ec. 4.7.1) Cálculo de la intensidad de trabajo de las baterías

- Intensidad de trabajo para 4 paneles en serie:

$$I = \frac{10091.48}{48} = 210.24 \text{ A}$$

- Intensidad de trabajo para 5 paneles en serie:

$$I = \frac{12614.35}{48} = 262.8 \text{ A}$$

Ahora, teniendo en cuenta una profundidad de descarga de 0.7 y 2 días de autonomía, calculamos la capacidad:

$$CB = \frac{\text{Días} \cdot I}{Pd}$$

(Ec. 4.7.2) Cálculo de la capacidad del banco de baterías

- Capacidad de las baterías para 4 paneles en serie:

$$CB(4) = \frac{2 \cdot 210.24}{0.8} = 525.60 \text{ A}$$

- Capacidad de las baterías para 5 paneles en serie:

$$CB(5) = \frac{2 \cdot 262.80}{0.8} = 657 \text{ A}$$

En resumen para cada uno de los dos tipos de bloques que instalaremos, tenemos los siguientes datos:

Bloque de 4 Paneles		Bloque de 5 Paneles	
Energía cubierta	10091,48 Wh/día	E. cubre 5 paneles serie	12614,35 Wh/día
Voltaje	48 V	Voltaje	48 V
Intensidad(Día)	210,24 A	Intensidad(Día)	262,80 A
Días autonomía	2 días	Días autonomía	2 días
Profundidad descarga	0,8	Profundidad descarga	0,8
Capacidad Batería	525.60 A	Capacidad Batería	657 A

Tabla 4.7.1 Tabla de datos del banco de baterías

Observando proveedores, se han seleccionado para los 4 bloques de 4 paneles un banco de 48V/600Ah para cada uno de estos. Y para el bloque de 5 paneles un banco de baterías de 48V/720Ah.

4.8. Cálculo de los inversores

Otro elemento que nos hará falta instalar es el inversor solar. Para decidir las características que deben tener los inversores tendremos en cuenta de nuevo los dos casos presentados anteriormente, para los bloques de 4 paneles y para el bloque 5.

Para ello, primero debemos calcular la potencia de estos paneles en serie:

$$P_{\text{inv}} = P_{\text{panel}} \cdot n^{\circ}\text{paneles}$$

(Ec. 4.8.1) Cálculo de la potencia mínima del inversor

- Potencia bloque de 4 paneles:

$$P_{\text{inv}} = 335 \cdot 4 = 1340\text{W}$$

- Potencia bloque de 5 paneles:

$$P_{\text{inv}} = 335 \cdot 5 = 1675\text{W}$$

Ahora que tenemos los resultados, seleccionamos el inversor necesario para cada caso sabiendo que los disponibles entre estos valores son:

1 KVA / 800 W

2 KVA / 1600 W

3 KVA / 2400 W

Para cada caso instalaremos el inversor con una potencia inmediatamente superior a las requeridas, tomando en este caso un inversor de 2KVA/1600W para uno de los bloques de 4 paneles, y un inversor de 3KVA/2400W para el bloque de 5 paneles.

4.9. Cálculo de los reguladores

El último componente importante será el regulador. Para saber qué características deberá tener, tomaremos en cuenta la intensidad nominal de nuestros paneles del siguiente modo:

$$I_{\text{reg}} = I_{\text{panel}} \cdot n^{\circ}\text{paneles}$$

(Ec. 4.9.1) Cálculo de la intensidad mínima del regulador

- Intensidad 4 paneles en serie:

$$I_{\text{inv}} = 6.13 \cdot 4 = 24.52 \text{ A}$$

- Intensidad 5 paneles en serie:

$$I_{\text{inv}} = 6.13 \cdot 5 = 30.65 \text{ A}$$

Para ambos casos se instalará un regulador con una corriente de carga de hasta 35A para 48V.

4.10. Cálculo de la sección del cableado

Determinar la sección del cableado será necesario para una correcta instalación con un funcionamiento óptimo de ésta. A la hora de determinarla tendremos en cuenta una serie de factores entre los que se encuentran (de nuevo, tendremos en cuenta los dos tipos de bloques de paneles):

Bloque 4 paneles		Bloque 5 paneles	
Longitud aproximada	20 m	Longitud aproximada	25 m
V	48 V	V	48 V
I	24,52 A	I	24,5 A
%Caída máx. V	1,5%	%Caída máx. V	1,5%
Caída máx. V	0,72 V	Caída máx. V	0,72 V

Resistividad Cobre (90°C) = 0.02198 m/Ωmm²

Tabla 4.10.1 Datos para el cálculo de sección de cable

Usando la ecuación para el cálculo de secciones:

$$S = \frac{\rho \cdot 2 \cdot L}{u} \cdot I$$

(Ec. 4.10.1) Cálculo de la de cable

- Sección para los bloques de 4 paneles:

$$S = \frac{0.02198 \cdot 2 \cdot 20}{0.72} \cdot 24.5 = 29.94 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \quad S = 35 \text{ mm}^2$$

- Sección para los bloques de 5 paneles:

$$S = \frac{0.02198 \cdot 2 \cdot 25}{0.72} \cdot 24.5 = 37.43 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow \quad S = 50 \text{ mm}^2$$

En conclusión, nos harán falta 80m de cable de 35mm² de sección, y 25m de cable de 50mm² de sección.

5. Reducción de las pérdidas energéticas

5.1. Descripción y objetivo de la solución

Otra de las formas que tenemos de reducir el gasto y la demanda energética del edificio es reduciendo la transmitancia térmica en las paredes y ventanas de este mismo.

Actualmente el casal dispone de una fachada con una transmitancia de $0.73 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, valor inferior al máximo permitido en edificios nuevos ($0.75 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$), cumpliendo por lo tanto con la normativa actual para edificios nuevos; es por ello que en ese apartado no nos fijaremos, además de suponer un coste muy elevado en el presupuesto para nuestra instalación.

No obstante, el edificio actual cuenta con 27 ventanas altas de $2400 \times 1000 \text{ mm}$ con una transmitancia de $3.44 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, superando el máximo establecido de $3.1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ en edificios nuevos.

Por lo que el objetivo de esta mejora estará centrado en el cambio de estas ventanas por la instalación de unas similares de menor transmitancia; logrando así una reducción en la pérdida de energía producida por estas y suponiendo un mayor ahorro en la demanda energética del edificio.

5.2. Ahorro energético de la nueva instalación

Como ya sabemos las ventanas actuales cuentan con una transmitancia de $3.44 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Las nuevas ventanas seleccionadas a instalar contarán con las siguientes características:

- Perfiles PVC de 5 cámaras en la hoja y marco.
- Vidrio bajo emisivo de 1 cámara como estándar.
- Transmitancia térmica $U_w = 0,89 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

El porcentaje de ahorro será por lo tanto:

$$\% \text{ Ahorro} = \left(1 - \frac{0.89}{3.44}\right) \cdot 100 = 74.13\%$$

Gracias a la baja transmitancia de los nuevos modelos, estamos frente a un ahorro del 74.13% en la pérdida energética producida por las ventanas en la instalación actual, añadiendo además el hecho de cumplir con la normativa de transmitancia máxima permitida en ventanas de edificios nuevos.

Debido a que desconocemos el coste económico que supone la demanda energética del casal no se puede estimar el ahorro monetario que supondría esta reforma. No obstante, el coste de adquisición del nuevo material supone un gasto de 19163.41€ + mano de obra; un gasto nada elevado para el coste que supondrá a largo plazo seguir utilizando las ventanas instaladas en la actualidad.

6. Simulación de la instalación con PVSyst

PVSyst es un programa que permite realizar el diseño, simulación y análisis de una instalación fotovoltaica.

En este trabajo se ha empleado dicho software para realizar una pequeña simulación en base a la instalación calculada teóricamente. Teniendo en cuenta así, la ubicación, datos de los elementos que la componen y otros detalles ya calculados como la orientación de los paneles.

6.1. Los datos de PVSyst

6.1.1. Localización y datos meteorológicos

Para empezar, lo primero es obtener los datos meteorológicos de la base de datos de PVGIS. Para ello accederemos a la página web de PVGIS, y en ella, gracias al mapa interactivo, localizaremos el emplazamiento de nuestro edificio, solicitando además la irradiación global horizontal y la temperatura media mensual (Figura 6.1.1.1).

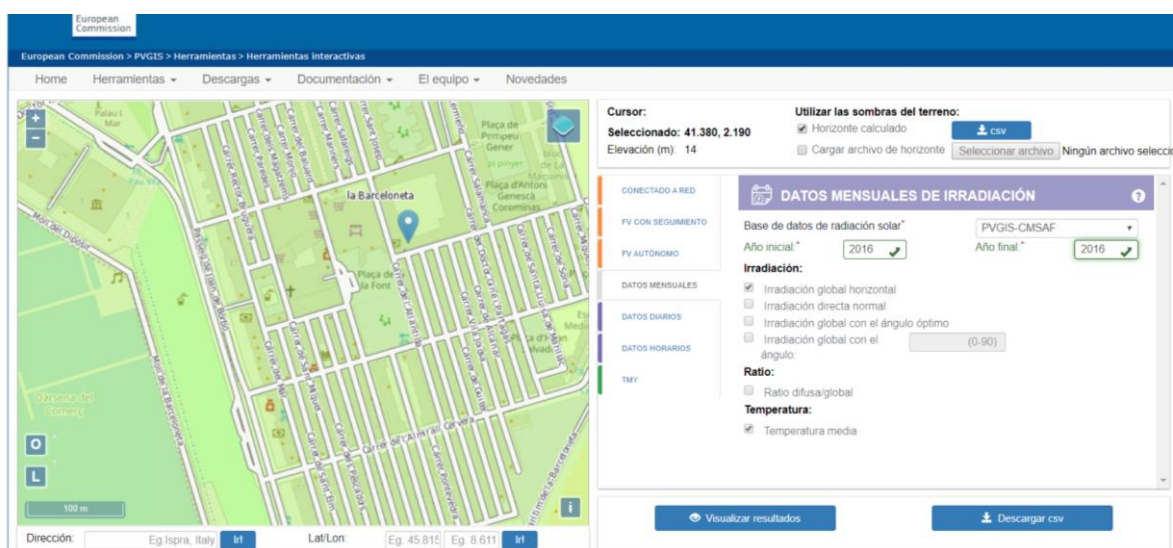


Figura 6.1.1.1. Base de datos de PVGIS

Si descargamos los valores solicitados, obtendremos un archivo PDF como el que se muestra a continuación:

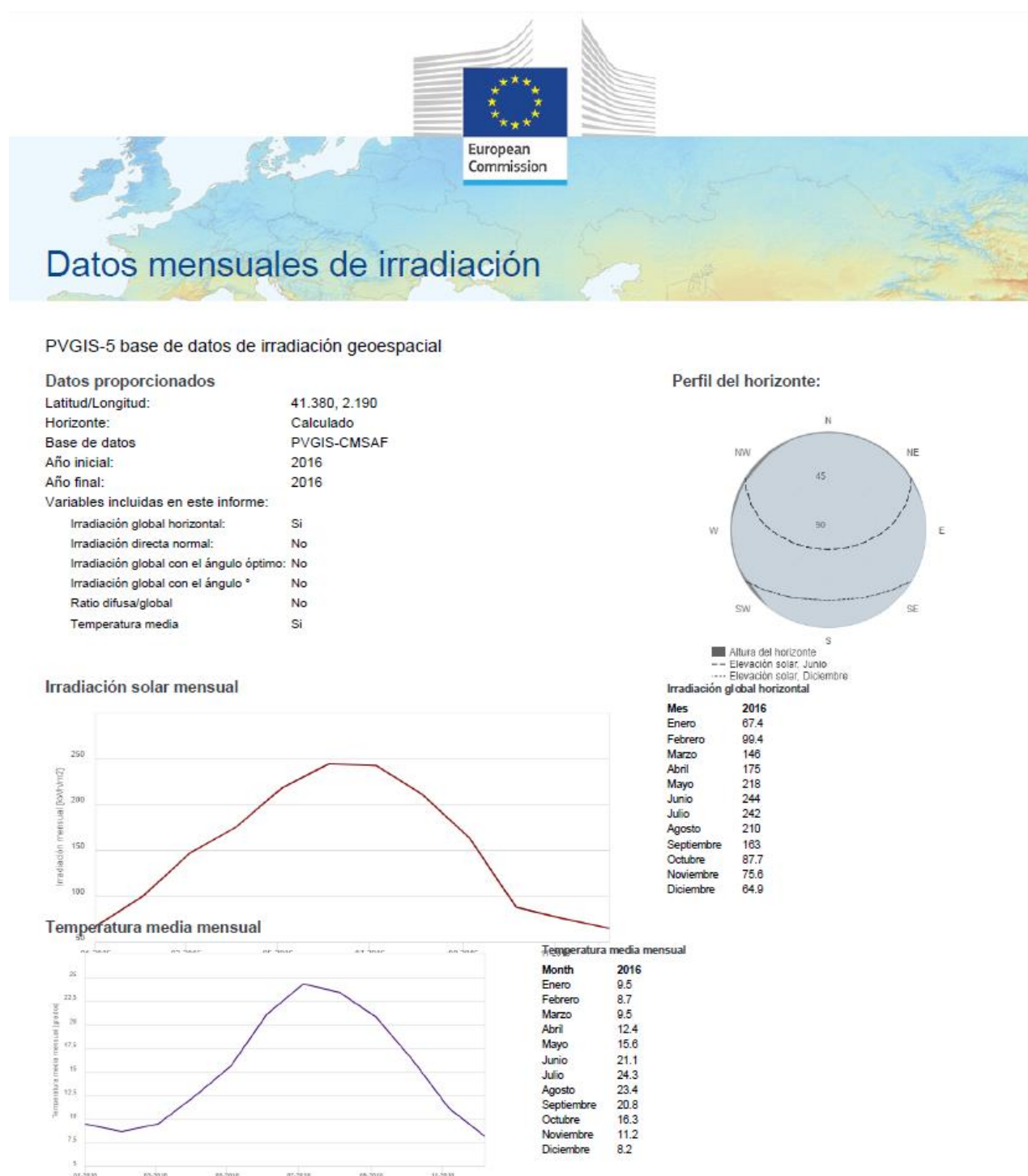
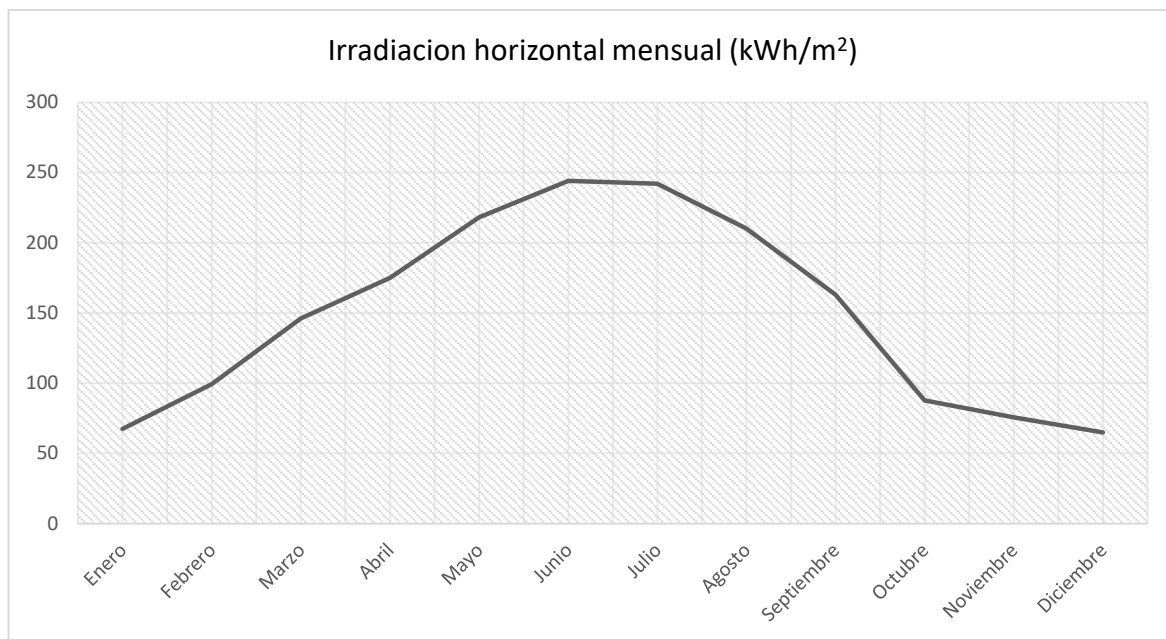


Figura 6.1.1.2. PDF con los datos de PVGIS

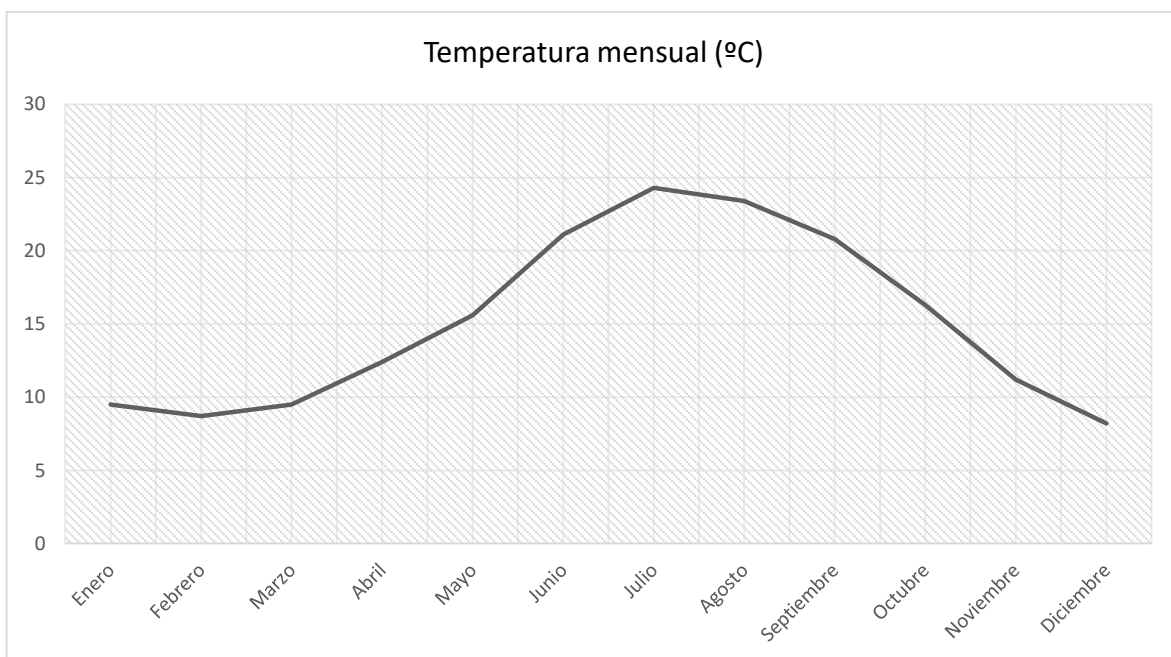
Más adelante necesitaremos esos datos para introducirlos en el programa, de modo que los pasaremos a un archivo Excel donde poder tenerlos organizados:

Mes	Irradiación horizontal (kWh/m ²)	Temperatura (°C)
Enero	67,4	9,5
Febrero	99,4	8,7
Marzo	146	9,5
Abril	175	12,4
Mayo	218	15,6
Junio	244	21,1
Julio	242	24,3
Agosto	210	23,4
Septiembre	163	20,8
Octubre	87,7	16,3
Noviembre	75,6	11,2
Diciembre	64,9	8,2

Tabla 6.1.1.1 Datos meteorológicos descargados de PVGIS



Representación gráfica de la irradiación obtenida de la base de datos de PVGYS



Representación gráfica de la temperatura obtenida de la base de datos de PVGYS

6.2. Uso de PVSyst

6.2.1. Introducción de datos

Al abrir PVSyst nos encontraremos con una ventana (figura 6.2.1.1), donde tendremos cuatro opciones para trabajar, entre las que se encuentran: pre-dimensionamiento, diseño de proyecto, bases de datos y herramientas.



Figura 6.2.1.1. PDF con los datos de PVGIS

Para empezar a trabajar será necesario importar los datos obtenidos en PVGIS.

Para ello entraremos en “Diseño de proyecto”, y “Conectado a la red”. Una vez dentro encontramos una opción llamada “Base de datos meteorológicos” en la que introduciremos

un nuevo sitio geográfico, con el nombre, coordenadas y datos mensuales obtenidos previamente.

En la pestaña de “mapa interactivo” podremos localizar nuestro emplazamiento (figura 6.2.1.2), y la pestaña de “meteorología mensual” (figura 6.2.1.3) introduciremos los datos de PVGIS.

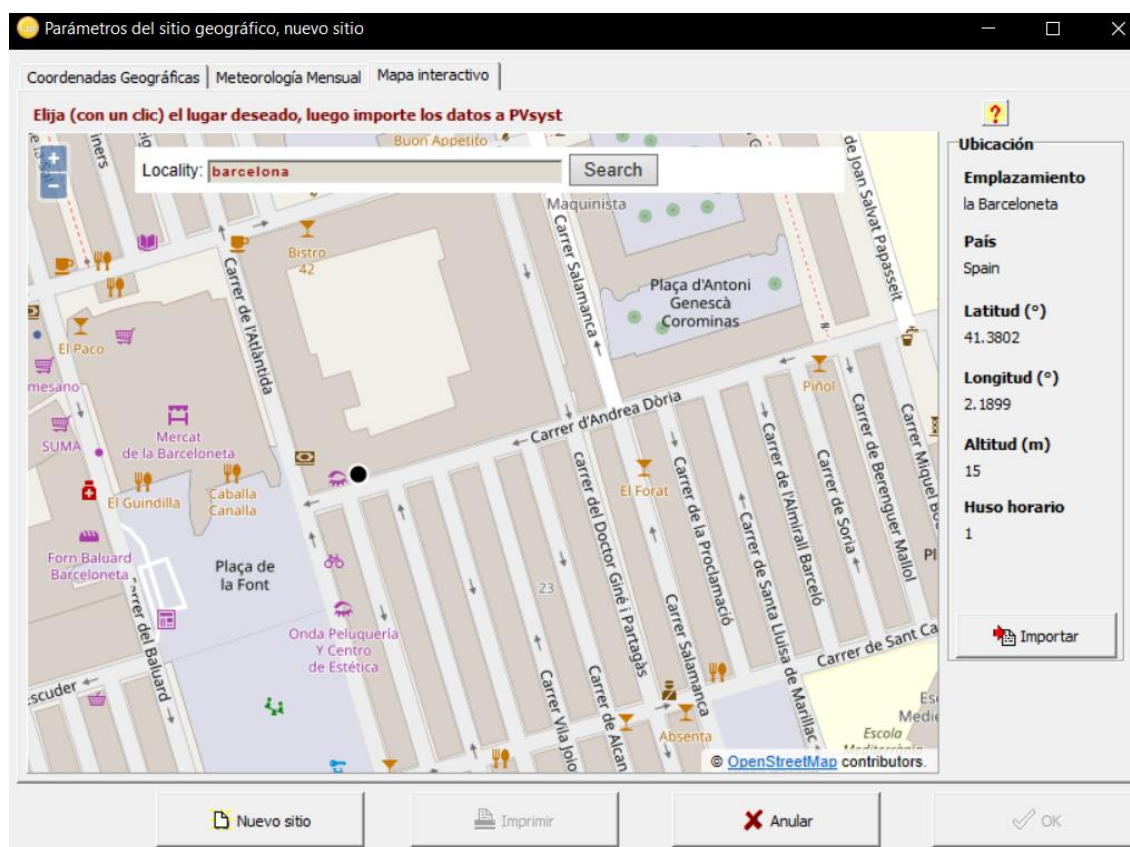


Figura 6.2.1.2. Ventana de mapa interactivo

Parámetros del sitio geográfico para La Barceloneta_PVGIS_API_TMY.SIT

Coordenadas Geográficas | Meteorología Mensual | Mapa interactivo

Sitio **La Barceloneta (Espana)**

Origen de datos: PVGIS TMY: SARAH, COSMO or NSRDB

	Irradiación global horizontal kWh/m ² .mes	Temperatura °C
Enero	67.4	9.5
Febrero	99.4	8.7
Marzo	146.0	9.5
Abril	175.0	12.4
Mayo	218.0	15.6
Junio	244.0	21.1
Julio	242.0	24.3
Agosto	210.0	23.4
Septiembre	163.0	20.8
Octubre	87.7	16.3
Noviembre	75.6	11.2
Diciembre	64.9	8.2
Año ?	1793.0	15.1

Pegar Pegar

Datos Requeridos

- ☒ Irradiación global horizontal
- ☒ Temp. Exterior Media

Datos adicionales

- ☐ Irradiación difusa horizontal
- ☐ Velocidad del viento
- ☐ Linke Turbidity
- ☐ Relative Humidity

Unidades de insolación

- ☐ kWh/m².día
- ☒ kWh/m².mes
- ☐ MJ/m².día
- ☐ MJ/m².mes
- ☐ W/m²
- ☐ Índice de claridad Kt

Nuevo sitio Imprimir Cerrar

Figura 6.2.1.3. Ventana de introducción de los datos mensuales meteorológicos

Una vez creada nuestra base de datos podemos empezar a trabajar en la ventana principal de simulación (figura 6.2.1.4.), en la que podremos introducir el nombre del proyecto y otros datos secundarios.

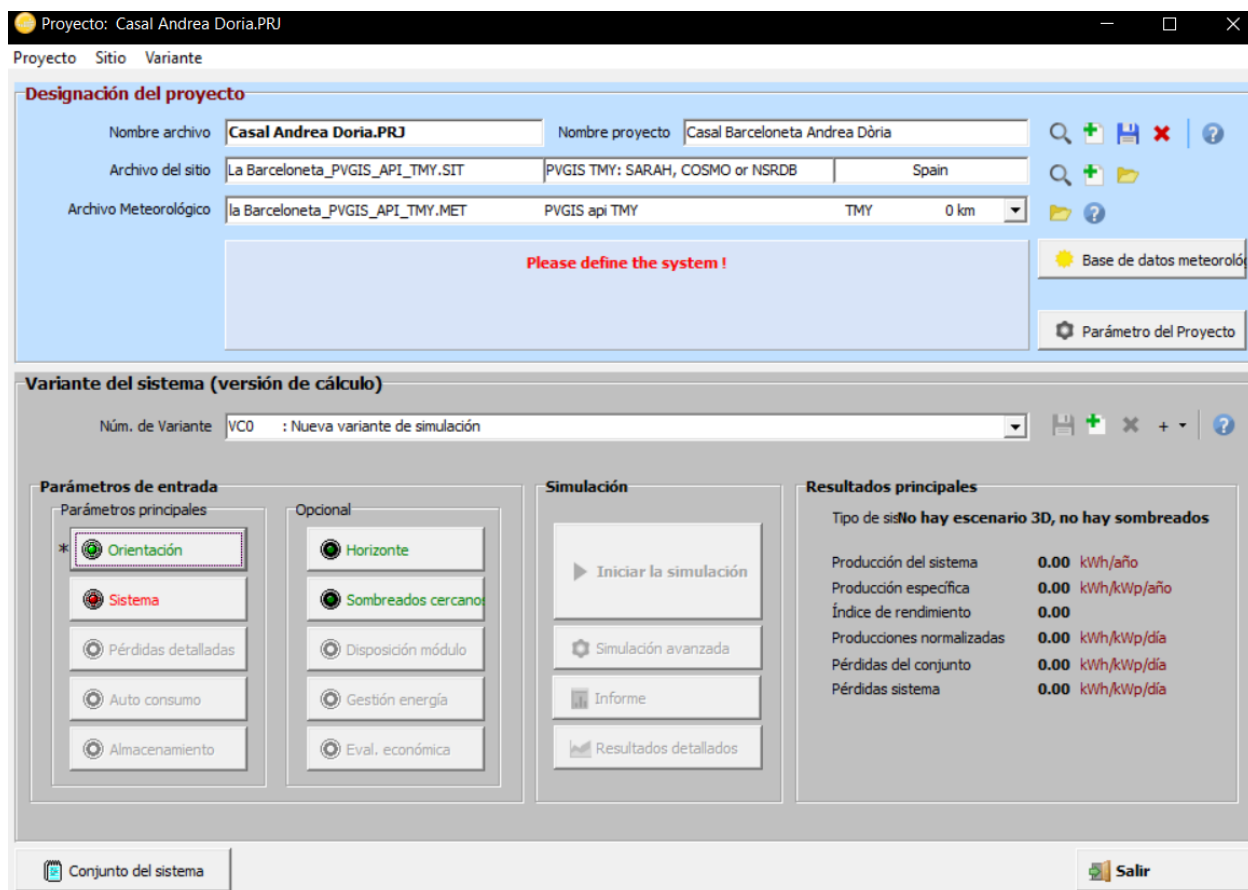


Figura 6.2.1.3. Ventana principal de simulación

6.2.2. Simulación de la instalación

Para poder realizar la simulación hará falta introducir una serie de parámetros principales.

El primer parámetro con el que trabajaremos será el de “Orientación”. Dentro de esta ventana (figura 6.2.2.1) podremos establecer el tipo de campo con el que trabajamos (plano inclinado fijo), el ángulo de inclinación que deseamos que tengan nuestros paneles, así como el ángulo de acimut, en nuestro caso se establece 35º y 0º respectivamente.

Además podremos optimizarlo en función de si la instalación trabajara en verano, invierno, o durante todo el año (irradiación anual).

Orientación, Variante "Nueva variante de simulación"

Tipo de campo: Plano Inclinado Fijo

Parámetros del campo

Inclinación plano: 35.0 [°]

Acimut: 0.0 [°]

Optimización con respecto a

☒ Irradiación anual

☐ Verano (Abr-Sept)

☐ Invierno (Oct-Mar)

Productividad meteorológica anual

Factor de transposición FT: 1.21

Pérdida con respecto al óptimo: -0.1%

Global en el plano receptores: 2174 kWh/m²

Mostrar Optimización

Anular OK

Figura 6.2.2.1. Ventana de selección de orientación

Existen otros tipos de parámetros opcionales con los que podemos trabajar, como por ejemplo es de “Horizonte”, esta herramienta nos permite realizar el estudio del horizonte de la instalación y su posible generación de sombras en momentos determinados (figura 6.2.2.2.).

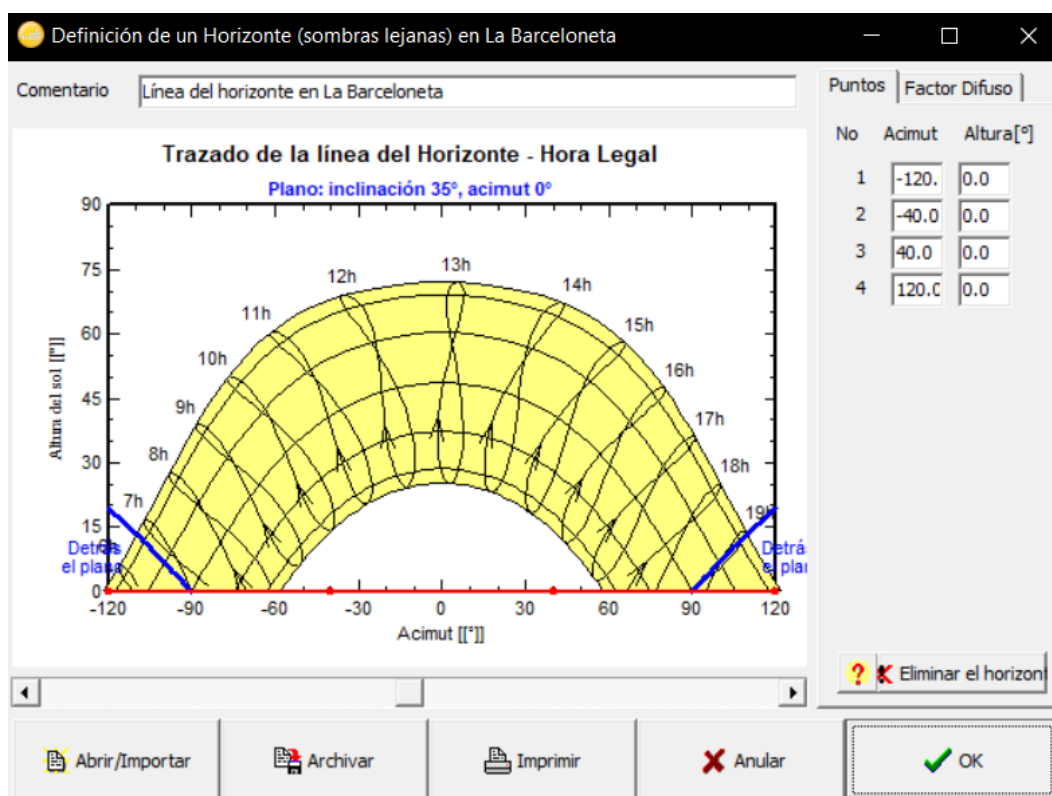


Figura 6.2.2.2. Ventana de trazado de línea de horizonte

Otra herramienta opcional a destacar es la de “Sombreados cercanos”, en ésta, se puede realizar un dibujo de nuestra instalación y simular su comportamiento frente al sol, observando las posibles sombras, tanto las creadas por los propios paneles, como por las creadas por el horizonte establecido en el anterior parámetro comentado. En nuestra simulación no se ha realizado el dibujo de la instalación en el creador de planos de PVSyst, de modo que los cálculos se realizarán sin sombreado.

Finalmente si vamos al parámetro “Sistema”, nos encontraremos con una gran ventana en la que podremos establecer la selección del módulo fotovoltaico que queremos utilizar en la simulación, y el inversor solar (figura 6.2.2.3). Estos componentes se pueden seleccionar de una gran lista de marcas y proveedores, entre los que no se encuentran los seleccionados en la parte teórica, aun así, podemos seleccionar otros con similares características como la potencia del panel, por ejemplo.

Definición de un sistema red, Variante "Nueva variante de simulación"

Configuración global sistema
 1 Núm. de tipos de sub-conjuntos
 Esquema Simplificado

Resumen sistema global

Núm. de módulos	4	Potencia nominal FV	1.3 kWp
Superficie módulos	9 m ²	Potencia máxima FV	1.3 kWdc
Núm. de inversores	1	Potencia nominal CA	1.6 kWac

Nombre y orientación del sub-conjunto
 Nombre: Conjunto FV
 Oriente: Plano Inclinado Fijo
 Inclinación: 35°
 Acimut: 0°

Ayuda al dimensionamiento
☐ Sin pre-dim. Entrar Pnom deseada: 0.0 kWp
☒ Redimens. superficie disponible(módulos): 0 m²

Selección del módulo FV
 Disponible actualmente: Filter: All PV modules Máx. cantidad de módulos: 0
 Todos los fabricantes: 335 Wp 50V CIS CIGS-3350A1 Hulk Energy Technology Manufacturer 2015
 Dimensionamiento de voltajes: 54.0 V
 Voc (-10°C): 81.0 V
☐ Use Optimizer

Selección del inversor
 Disponible actualmente: Output voltage 230 V Mono 50Hz ☒ 50 Hz ☒ 60 Hz
 Todos los fabricantes: 1.6 kW 80 - 300 V HF Tr 50/60 Hz Soladin 1500 Web Mastervolt
 Núm. de inversores: 1 ☒ Voltaje de funcionam.: 80-300 V Potencia global inv.: 1.6 kWac
 Voltaje máx. de entrada: 375 V

Dimensionamiento del conjunto

Núm. de módulos y cadenas
 Mód. en serie: 4 ☒ entre 2 y 4
 Núm. de cadena: 1 ☒ única posibilidad 1
 Pérdida sobrecarga: 0.0 %
 Relación Pnom: 0.85
 Núm. módulos: 4 Superficie: 9 m²

Cond. de funcionamiento

Vmpp (60°C)	216 V
Vmpp (20°C)	240 V
Voc (-10°C)	324 V

Irradiancia plano: 1000 W/m²
 Imp (STC): 5.6 A
 Isc (STC): 6.2 A
 Isc (en STC): 6.2 A

Defina la potencia deseada o la superficie disponible!
☐ Máx. en bases ☒ STC
 Pmáx en funcionamiento en 1000 W/m² y 50°C: 1.2 kW
Potencia nom. Conjunto (STC) 1.3 kWp

Figura 6.2.2.3. Ventana de sistema

Ya que estamos realizando una simulación simple, esta se hará en base a uno de los bloques de 4 paneles fotovoltaicos que instalaremos. Seleccionaremos así, 4 módulos (superficie 9m^2) de 335W en serie con una inclinación de 35° y acimut 0° , y un inversor solar de 1.6kW.

A la hora de seleccionar todos los componentes y datos, el software puede avisarnos de que la potencia del inversor está un poco sobredimensionada.

Una vez tenemos todos los parámetros y elementos del sistema seleccionados, podemos ver como en la ventana principal ya podemos realizar el inicio de la simulación (figura 6.2.2.4).

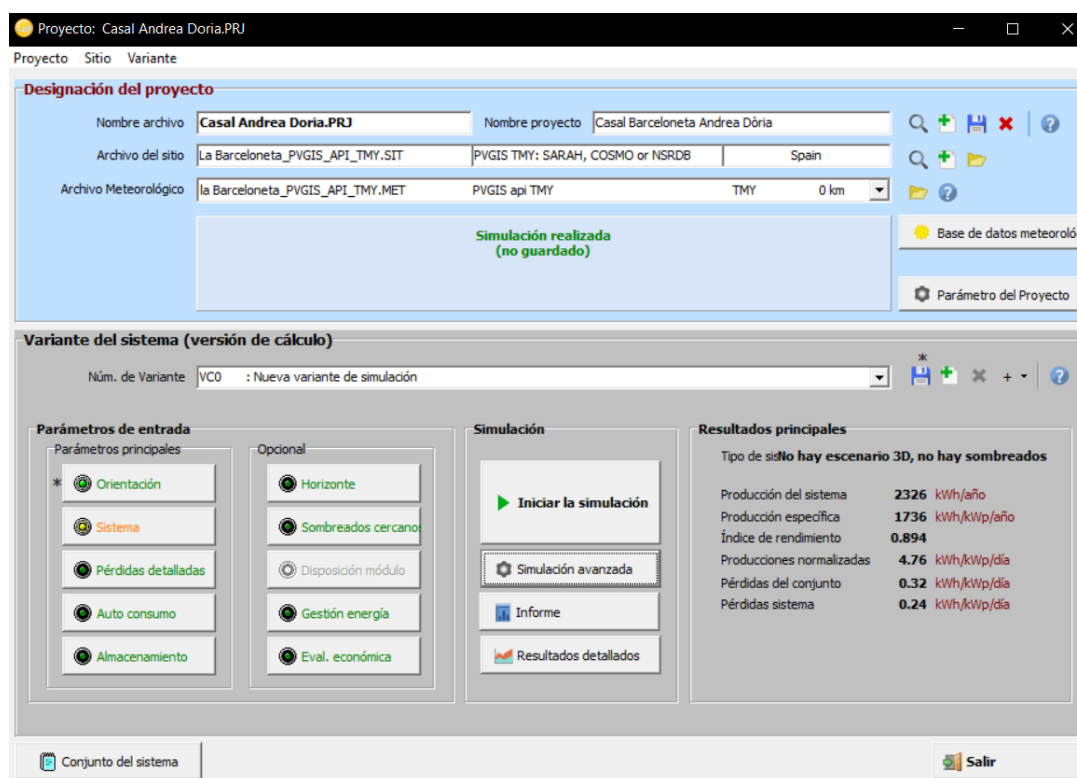


Figura 6.2.2.3. Ventana final lista para simulación

La simulación será automática y nos dará los resultados, descargados en un archivo PDF.

Conclusiones

Después de finalizar el estudio este edificio, hemos podido determinar una solución óptima en lo que a ahorro energético se refiere. Si bien nuestra instalación no cubre todo el gasto producido anualmente, sí que es capaz de suplir una parte significativa de éste de forma económica y ecológica.

Si además tenemos en cuenta el gran impacto de la reducción de transmitancia en las ventanas del casal, podemos afirmar que a largo plazo, el presupuesto razonable que hemos calculado finalmente, será sin duda amortizado.

Por lo que respecta al empleo de software durante la realización del trabajo, he podido aprender a manejar el programa PVSyst, el cual no había utilizado hasta este momento, para realizar una simulación sencilla de un diseño fotovoltaico. Además de repasar el dibujo de planos con el programa AutoCAD.

Presupuesto

• Tabla de mediciones

Instalación fotovoltaica capítulo 1.1 Módulos	
Suministro e instalación de módulo fotovoltaico para instalaciones de conexión a red, potencia pico de 335Wp, mono-cristalino, 54.7V de tensión nominal, 6.09A corriente nominal, dimensiones: 1559x1046x46mm, eficiencia de 20.4%, tolerancia de 0/+3%.	21
Instalación fotovoltaica capítulo 1.2. Estructuras	
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 4 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	4
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 5 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	1
Instalación fotovoltaica capítulo 1.3. Inversores	
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 2KVA/1600W, voltaje de salida 220VAC +-5%, onda senoidal pura, eficiencia 90%.	4
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 3KVA/2400W, voltaje de salida 220VAC +-5%, onda senoidal pura, eficiencia 90%.	1
Instalación fotovoltaica capítulo 1.4. Reguladores	
Suministro e instalación de regulador de carga, corriente de carga hasta 35A, tensión FV hasta 150V.	5
Instalación fotovoltaica capítulo 1.5. Baterías	

Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 600Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.	4
Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 720Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.	1
Instalación fotovoltaica capítulo 1.6. Cables de BT y protecciones	
Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 35mm ² .	80
Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 50mm ² .	25
Suministro e instalación de cuadro de protecciones para 5 series fotovoltaicas, con ICP 40A bipolar 230/400V, diferencial bipolar 40A apto para alimentación de 230V, con protección magneto térmica bipolar de 40A.	5
Instalación de mobiliario capítulo 1.1. Ventanas	
Suministro e instalación de ventanas con transmitancia térmica 0,89W/(m ² K), aislamiento acústico Rf: 34-44dB, perfiles de PVC de 5 cámaras en la hoja y marco, vidrio emisivo de una cámara, dimensiones 2400x1000mm.	27
Mano de obra capítulo 1.1. Instalación fotovoltaica	
Mano de obra para realizar la instalación de los módulos fotovoltaicos, así como el resto de componentes que conforman la instalación solar, montaje y conexión del cableado a red. En horas aproximadas de trabajo necesario.	320
Mano de obra capítulo 1.2. Instalación de ventanas	
Mano de obra para realizar la retirada de las ventanas actuales y la instalación de las nuevas seleccionadas. En horas aproximadas de trabajo necesario.	160

· Cuadro de precios

Instalación fotovoltaica capítulo 1.1 Módulos	
Suministro e instalación de módulo fotovoltaico para instalaciones de conexión a red, potencia pico de 335Wp, mono-cristalino, 54.7V de tensión nominal, 6.09A corriente nominal, dimensiones: 1559x1046x46mm, eficiencia de 20.4%, tolerancia de 0/+3%.	325,12 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.2. Estructuras	
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 4 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	128,70 €
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 5 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	166,10 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.3. Inversores	
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 2KVA/1600W, voltaje de salida 220VAC +-5%, onda senoidal pura, eficiencia 90%.	1.032,74 €
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 3KVA/2400W, voltaje de salida 220VAC +-5%, onda senoidal pura, eficiencia 90%.	1.115,62 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.4. Reguladores	
Suministro e instalación de regulador de carga, corriente de carga hasta 35A, tensión FV hasta 150V.	309,00 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.5. Baterías	
Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 600Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.	3.380,00 €

Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 720Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.	3.665,00 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.6. Cables de BT y protecciones	
Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 35mm ² .	5,50 €
Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 50mm ² .	6,50 €
Suministro e instalación de cuadro de protecciones para 5 series fotovoltaicas, con ICP 40A bipolar 230/400V, diferencial bipolar 40A apto para alimentación de 230V, con protección magneto térmica bipolar de 40A.	203,71 €
Instalación de mobiliario capítulo 1.1. Ventanas	
Suministro e instalación de ventanas con transmitancia térmica 0,89W/(m ² K), aislamiento acústico Rf: 34-44dB, perfiles de PVC de 5 cámaras en la hoja y marco, vidrio emisivo de una cámara, dimensiones 2400x1000mm.	709,76 €
Mano de obra capítulo 1.1. Instalación fotovoltaica	
Mano de obra para realizar la instalación de los módulos fotovoltaicos, así como el resto de componentes que conforman la instalación solar, montaje y conexión del cableado a red. En horas aproximadas de trabajo necesario.	18 €
Mano de obra capítulo 1.2. Instalación de ventanas	
Mano de obra para realizar la retirada de las ventanas actuales y la instalación de las nuevas seleccionadas. En horas aproximadas de trabajo necesario.	18 €

• Presupuesto detallado

	Precio	Medición	Importe
Instalación fotovoltaica capítulo 1.1 Módulos			
Suministro e instalación de módulo fotovoltaico para instalaciones de conexión a red, potencia pico de 335Wp, mono-cristalino, 54.7V de tensión nominal, 6.09A corriente nominal, dimensiones: 1559x1046x46mm, eficiencia de 20.4%, tolerancia de 0/+3%.	325,12 €	21	6.827,52 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.2. Estructuras			
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 4 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	128,70 €	4	514,80 €
Suministro e instalación de estructura de aluminio EN AW 6005A T6, con tornillería de acero Inoxidable, 35º de inclinación para 5 módulos fotovoltaicos en serie y posición vertical.	166,10 €	1	166,10 €
Instalación fotovoltaica capítulo 1.3. Inversores			
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 2KVA/1600W, voltaje de salida 220VAC +-5%, onda senoidal pura, eficiencia 90%.	1.032,74 €	4	4.130,96 €
Suministro e instalación de inversor solar de conexión a red, de 3KVA/2400W, voltaje de	1.115,62 €	1	1.115,62 €

salida 220VAC $\pm 5\%$, onda senoidal pura, eficiencia 90%.

Instalación fotovoltaica capítulo 1.4. Reguladores

Suministro e instalación de regulador de carga, corriente de carga hasta 35A, tensión FV hasta 150V.

309,00 €	5	1.545,00 €
----------	---	------------

Instalación fotovoltaica capítulo 1.5. Baterías

Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 600Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.

3.380,00 €	4	13.520,00 €
------------	---	-------------

Suministro e instalación de baterías solares para suministro energético autónomo, tensión de trabajo 48V, capacidad de 720Ah, profundidad de descarga 80%, vaso de polipropileno translúcido.

3.665,00 €	1	3.665,00 €
------------	---	------------

Instalación fotovoltaica capítulo 1.6. Cables de BT y protecciones

Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 35mm².

5,50 €	80	440,00 €
--------	----	----------

Cable conductor de cobre RV-K 1000V, con doble aislamiento exterior, sección de 50mm².

6,50 €	25	162,50 €
--------	----	----------

Suministro e instalación de cuadro de protecciones para 5 series fotovoltaicas, con ICP 40A bipolar 230/400V, diferencial bipolar 40A apto para alimentación de 230V, con protección magneto térmica bipolar de 40A.

203,71 €	5	1.018,55 €
----------	---	------------

Instalación de mobiliario capítulo 1.1. Ventanas

Suministro e instalación de ventanas con transmitancia térmica $0,89\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$, aislamiento acústico R_f : 34-44dB, perfiles de PVC de 5 cámaras en la hoja y marco, vidrio emisivo de una cámara, dimensiones 2400x1000mm.	709,76 €	27	19.163,41 €
--	----------	----	-------------

Mano de obra capítulo 1.1. Instalación fotovoltaica

Mano de obra para realizar la instalación de los módulos fotovoltaicos, así como el resto de componentes que conforman la instalación solar, montaje y conexión del cableado a red. En horas aproximadas de trabajo necesario por trabajador.	18 €	320	5.760,00 €
---	------	-----	------------

Mano de obra capítulo 1.1. Instalación de ventanas

Mano de obra para realizar la retirada de las ventanas actuales y la instalación de las nuevas seleccionadas. En horas aproximadas de trabajo necesario por trabajador	18 €	160	2.880,00 €
--	------	-----	------------

• Presupuesto total

Instalación fotovoltaica	33.106,05 €
Gastos en mano de obra	5.760,00 €
Instalación ventanas	19.163,41 €
Gastos en mano de obra	2.880,00 €
Subtotal	60.909,46 €
IVA (21%)	12.790,99 €
TOTAL PRESUPUESTO	73.700,45 €

Bibliografía

- Referencia Catastral
<https://www1.sedecatastro.gob.es/CYCBienInmueble/OVConCiud.aspx?UrbRus=U&RefC=2315729DF3821E0001XD&esBice=&RCBice1=&RCBice2=&DenoBice=&from=OVBusqueda&pest=rc&RCCompleta=2315729DF3821E0001XD&final=&del=8&mun=900>
- Normativas del BOE
[BOE.es](http://boe.es)
- Radiación solar Barcelona
http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/12_serveis/06_estrategia/enllacos_planificacioEnergetica/monografic12.pdf
- Características panel fotovoltaico (1)
http://as-iberica.com/wp-content/uploads/download-manager-files/Web/00-MODULOS/1.%20AUO_BENQ/3.%20SUNFORTE%20PM096B00/1.%20HOJA%20DE%20CARACTERISTICAS/PM096B00_EN_p_20170928.pdf
- Características panel fotovoltaico (2)
<http://www.europe-solarshop.com/benq-sunforte-pm096b00-335-w.html>
- Soportes y estructuras
<https://autosolar.es/estructuras-cubierta-metalica/estructura-cubierta-inclinada-4-paneles-kh915-varilla>
- Inversores solares y propiedades de éstos
<http://www.dcutec.com/shop-online/es/inversores-solares/804-3742241600fv-8436556988271.html>
- Regulador solar y propiedades
<https://www.teknosolar.com/controlador-de-carga-bluesolar-mppt-150-35-12-24-36-48v-35a/>
- Baterías solares y propiedades
<https://bateriasyamperios.com/producto/bateria-solar-48v-600ah-sopzs/>

- Cableado de cobre y propiedades
<https://www.monsolar.com/cable-solar-flexible-cobre-rvk-1000v-doble-aislamiento.html>
- Información teórica para el cálculo de sección de cable
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/secciones-de-cables.html>
- Configurador de instalación de ventanas y propiedades
https://configurador.veneo.es/?utm_source=blogpost&utm_medium=banner&utm_campaign=config-owncanal
- Datos meteorológicos PVGIS
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

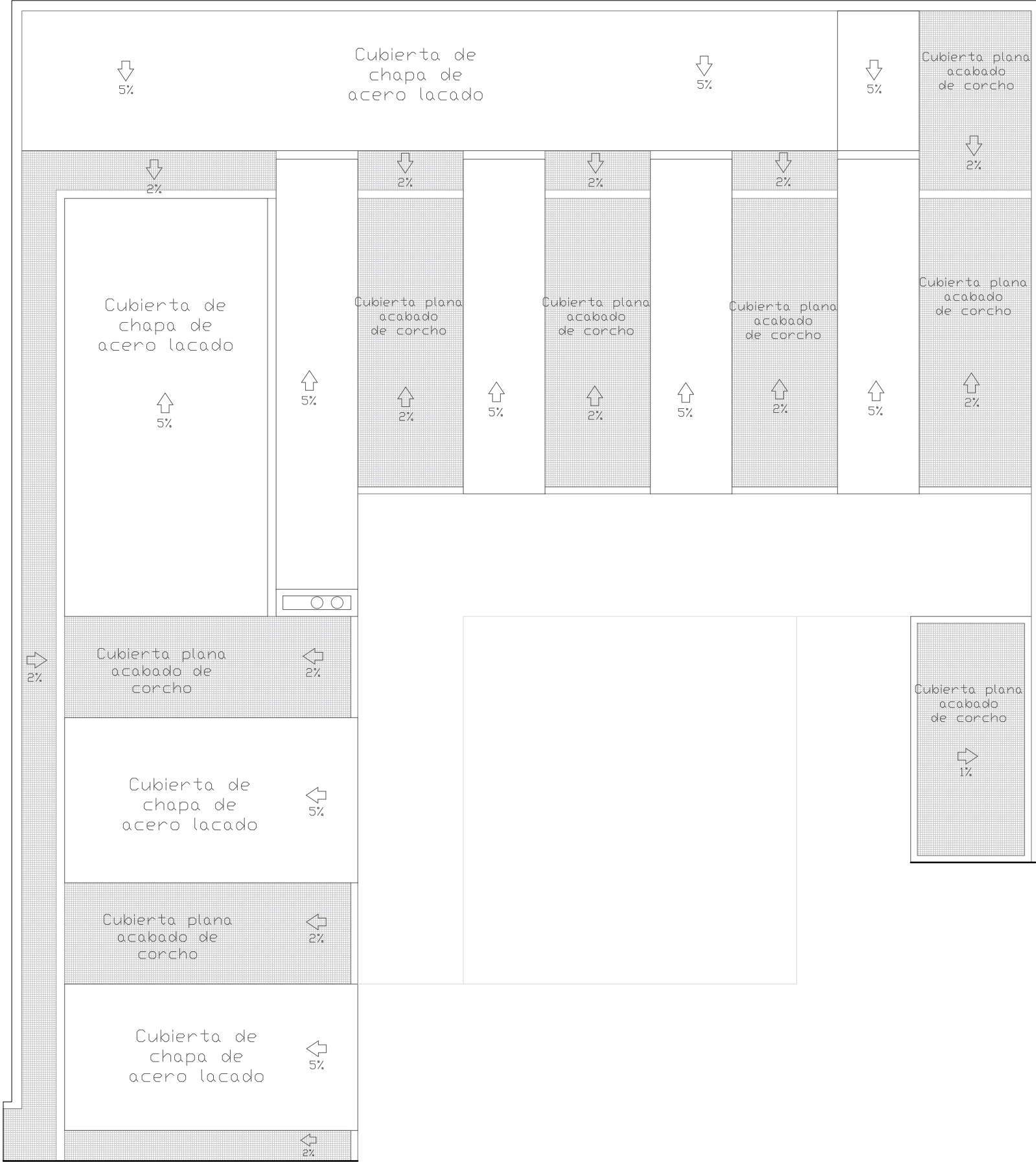
Anejo A

A1. Planos

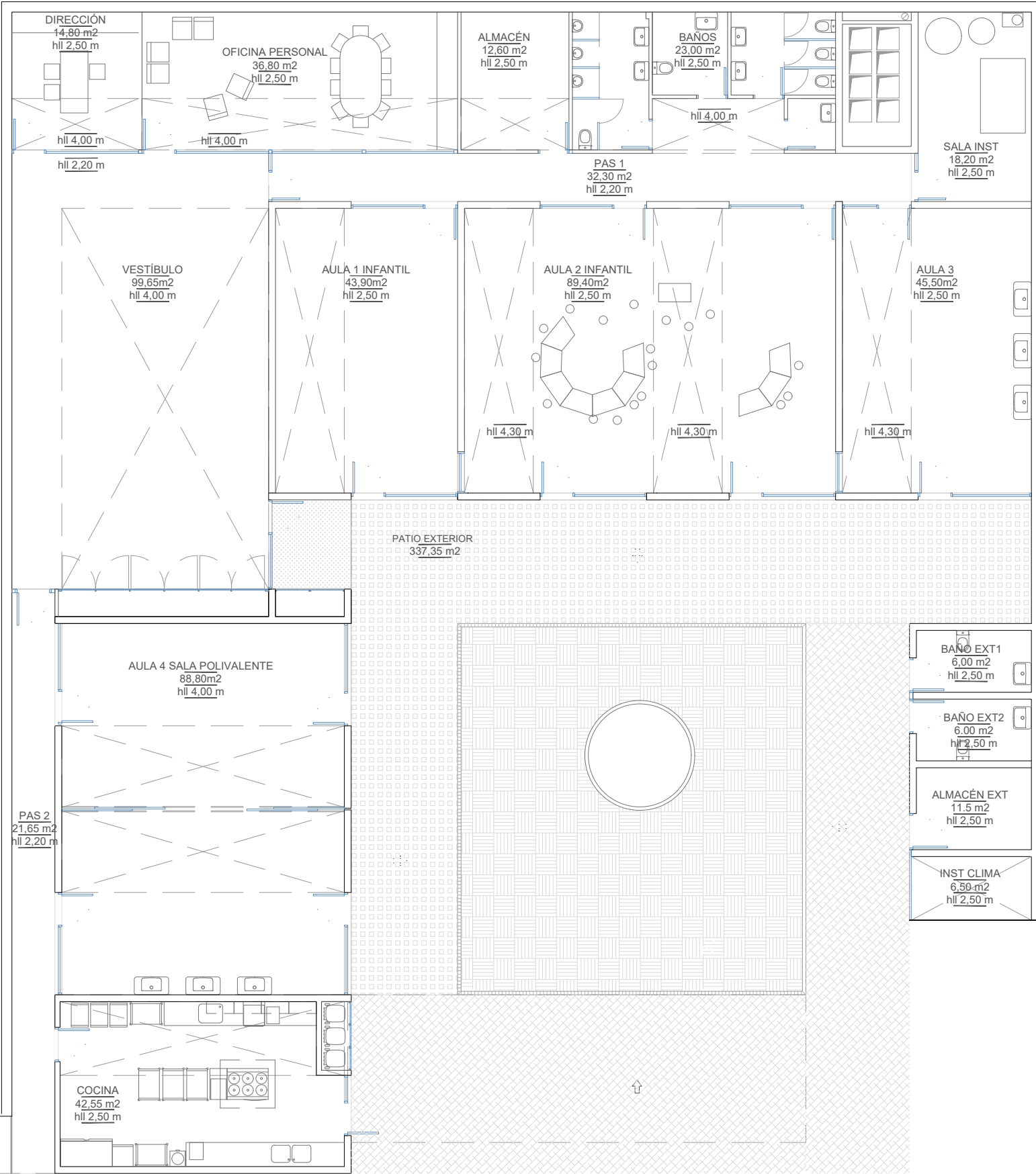
A1.1. Estado actual del tejado

A1.2. Planta baja

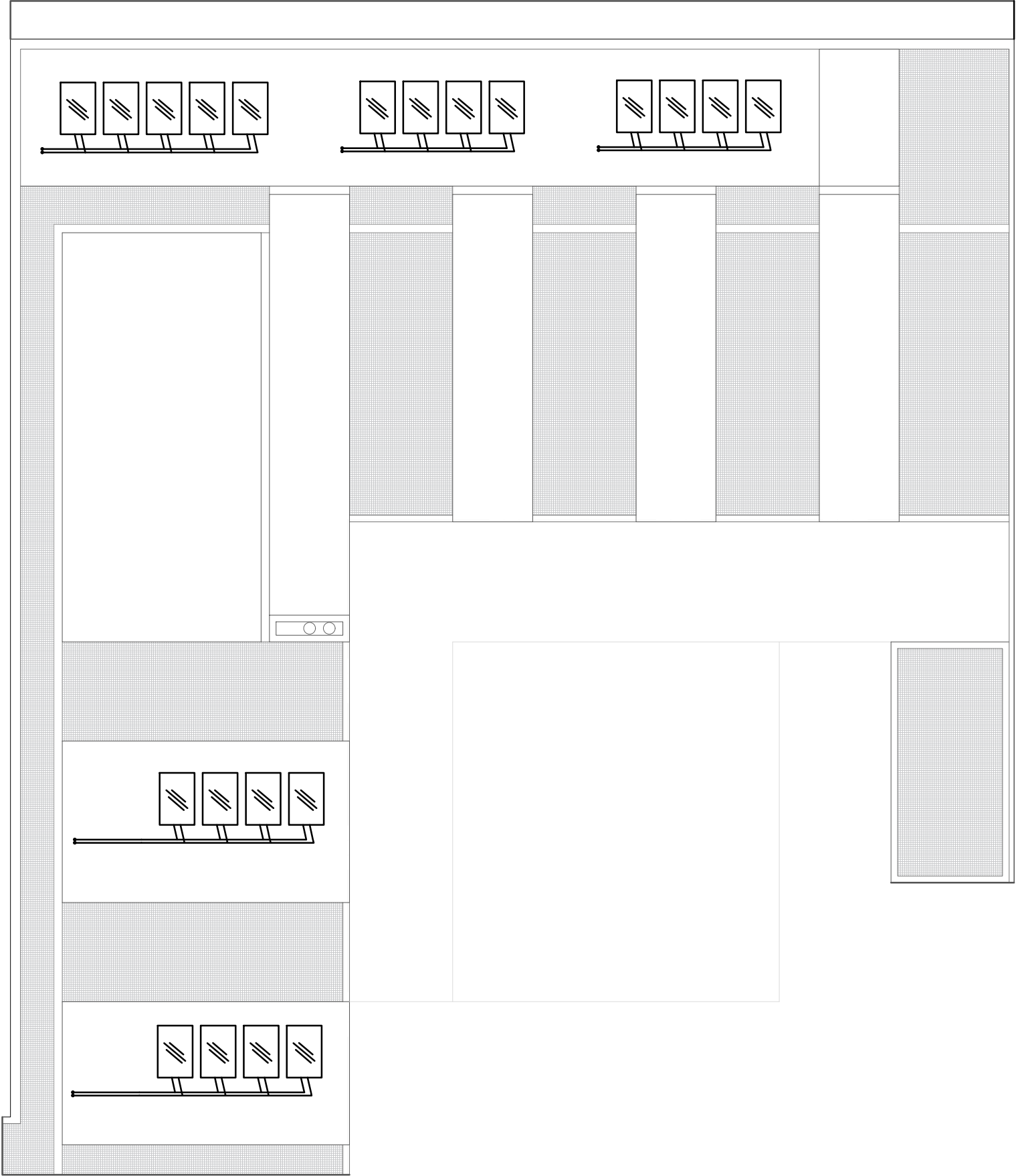
A1.3. Instalación solar




Nombre: ESTADO ACTUAL DEL TEJADO	Dibujado: ADRIAN CIVERA ALVAREZ	Escala: 1/145	Nº Plano: 01
	Revisado: REYNA MERCEDES PEÑA AGUILAR		
Título TFG: ESTUDIO DE MEJORA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO		Fecha: OCTUBRE 2019	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est



Nombre:	ADRIAN CIVERA ALVAREZ		Escala:	Nº Plano:
	REYNA MERCEDES PEÑA AGUILAR		1/147	02
Título TFG:		Fecha:	<div><div></div><div>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH</div><div>Escola d'Enginyeria de Barcelona Est</div></div>	
ESTUDIO DE MEJORA DE ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO		OCTUBRE 2019		



Nombre: INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTÁICA	Dibujado: ADRIAN CIVERA ALVAREZ	Escala: 1/150	Nº Plano: 03
	Revisado: REYNA MERCEDES PEÑA AGUILAR		
Título TFG: ESTUDIO DE MEJORA DE ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO PÚBLICO		Fecha: OCTUBRE 2019	 UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola d'Enginyeria de Barcelona Est